

Sistema de facturación vehicular en peajes basado en tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID)

Angel D. Larreal M. y Georma P. Marachli M.

Escuela de Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta,
Maracaibo-Venezuela. *larreal.angel@gmail.com; g.p.m.007@hotmail.com*

Recibido: 22-02-2013 Aceptado: 09-05-2014

Resumen

En el presente trabajo se expone el diseño de un sistema de facturación vehicular en peajes. El diseño desarrollado es una aplicación conocida de la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) junto con un sistema de procesamiento de imágenes; para el cobro electrónico de impuestos en los peajes del Estado Zulia, los cuales sufren de ineficiencia y lentitud en sus procesos. El objetivo final del trabajo es solucionar una problemática que aqueja a quienes tienen que hacer el uso del peaje diariamente en el camino a sus destinos.

Palabras claves: Sistema de facturación, Vehicular, Identificación por radio frecuencia (RFID).

Vehicular toll collection system based on radio frequency identification technology (RFID)

Abstract

The present research describes the design of a vehicle toll collection system for tolls. The developed design is a known technology for radio frequency identification (RFID) with an image processing system, for collecting taxes in an electronic way on Zulia state tolls, which suffer from inefficiency and delays in its processes. The ultimate goal of the work is to solve a problem that afflicts those who have to make use of the toll on daily basis in their way to their destinations.

Keywords: Toll Collection System, Vehicular, Radio Frequency Identification (RFID).

Introducción

La tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) existe desde comienzos de los años 1920. Fue desarrollada por el *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) y usada extensivamente por los británicos en la Segunda Guerra Mundial.

A partir de los años 1960 se ha desarrollado la tecnología RFID gracias al abaratamiento de los costos y desde entonces fueron surgiendo nuevas aplicaciones para la misma.

La primera vez que se usa a la tecnología RFID para el cobro de peajes es en el 1986, en la ciudad de Bergen, Noruega.

Actualmente, los peajes de la República Bolivariana de Venezuela se ven afectados por una gran ineficiencia y demora en sus procesos de cobro, generando grandes embotellamientos.

En el presente estudio se escogió la tecnología de identificación por radio frecuencia, la cual ha venido evolucionando constantemente desde los años 1960, como base para el desarrollo del diseño de un sistema facturación vehicular para dar término al problema.

Sistema de identificación por radio frecuencia

El sistema de identificación por radio frecuencia está conformado por tres elementos:

Etiqueta RFID: compuesta por una antena, un transductor radio y un chip. El propósito de la antena es permitirle al chip, el cual contiene la información, transmitir la información de identificación de la etiqueta. Existen varios tipos de etiquetas [1]. El chip posee una memoria interna con una capacidad que depende del modelo y varía de una decena a millares de bytes. Existen varios tipos de memoria [2]:

- **Solo lectura (pasiva):** Las etiquetas pasivas no requieren ninguna fuente de alimentación interna y son dispositivos puramente pasivos (se activan por inducción eléctrica al entrar en el rango del lector). Sus tamaños son menores al de la palma de la mano. El código de identificación que contiene es único y es personalizado durante la fabricación de la etiqueta (ver Figura N° 1).



Figura N° 1. Etiqueta RFID pasiva encapsulada tipo llavero

- **De lectura y escritura (activa):** A diferencia de los etiquetas pasivas, las activas poseen su propia fuente autónoma de energía, que utilizan para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal al lector. Son de mayor tamaño que las pasivas. La información de identificación puede ser modificada por el lector [3] (ver Figura N° 2).



Figura N° 2. Etiqueta RFID activa para seguimiento de equipos

- **Anticolisión.** Se trata de etiquetas activas especiales que permiten que un lector identifique varias al mismo tiempo (ver Figura N° 3).



Figura N° 3. Etiqueta RFID con algoritmo de anticolisión

Lector de RFID: compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador. El lector propaga periódicamente señales para identificar alguna etiqueta en sus inmediaciones. Cuando capta la señal de una etiqueta, extrae su información, la que luego es enviada a un subsistema de procesamiento de datos [4] (ver Figura N° 4).

Subsistema de procesamiento de datos: proporciona los medios de proceso y almacenamiento de datos.



Figura N° 4. Lector RFID manual para administración de inventario

La Figura N° 4 muestra un dispositivo portátil que integra el lector RFID junto con el subsistema de procesamiento de datos.

Diseño del sistema de facturación vehicular en peajes consideraciones preliminares

Como pasos preliminares al diseño del sistema se tomaron las siguientes consideraciones:

El Peaje: Los peajes se estructuran por canales para el tránsito de diferentes clases de vehículos. El ancho de canal es de 3,10 m.

La Tabla N° 1 muestra la clasificación de los vehículos según su tipo.

Tabla N° 1. Clasificación de vehículos según su tipo

Clases	Tipo de Vehículos
1	Particular (5 puestos).
2	Autobús y Microbús.
3	Camiones 350 (Carga Liviana).
4	Camiones 750 (Carga Pesada).
5	Camiones 3 Ejes.
6	Camiones 4 Ejes.
7	Camiones 5 Ejes o más.
20	Exonerados.

El Lector RFID

La **antena**: La frecuencia operativa de la antena define su rango y velocidad de lectura. El sistema propuesto no requiere una alta velocidad de lectura pero sí un rango de lectura tan ancho como el canal de tránsito de vehículos. La antena que cubre todas las características necesarias es la siguiente:

Antena UHF de polarización Lineal, marca: GAO RFID, Modelo N° 316002. Es compatible con cualquier transceptor de 902 ~ 928 MHz, y con el estándar de EPC G2, o ISO18000 6B, se conecta directamente a la unidad de radio frecuencia y es capaz de manejar frecuencias en la banda UHF lo que le permite una alta velocidad de lectura [5] (ver Figura N° 5).

**Figura N° 5. Antena UHF Modelo N° 316002**

El **transceptor**: El transceptor deberá ser capaz de manejar varias antenas y una banda de frecuencias entre 902 ~ 928 MHz y tener una interfaz apropiada con un computador para la transmisión de la información. Además, se necesitan funciones de decodificación integradas para entregar los datos a un servidor listos para ser utilizados.

Transceptor UHF, marca: Bluecard, Modelo: BU-900F. Este posee funciones de inducción eléctrica para operar con etiquetas RFID pasivas de solo lectura y funciones de decodificación integradas. Su área de lectura puede ser configurada para cubrir hasta 10 metros, y la velocidad máxima de lectura es 60 etiquetas por segundo. Las interfaces con las que cuenta son las siguientes: RS232, Wiegand 26, Ethernet, RS485. Controla un máximo de 4 antenas, así, una sola unidad es capaz de controlar 4 canales a la vez [6] (ver Figura N° 6).



Figura N° 6. Transceptor UHF marca: Bluecard

El sistema necesita un servidor para procesar la información captada por el transceptor.

El Servidor

El servidor debe tener unas características especiales para llevar a cabo todos los procesos necesarios e interfaces apropiadas y comunicarse con el transceptor.

El servidor seleccionado fue:

Computador marca: HP Compaq dx2450, Modelo: KR612UT#ABA. Sus especificaciones se muestran en la Tabla N° 2.

La etiqueta RFID

Se seleccionaron etiquetas RFID pasivas para ser usadas en el sistema por su gran versatilidad y su reducido tamaño.

Una impresora especial graba las etiquetas RFID y códigos de barras en ellas.

Se seleccionó la impresora siguiente:

Impresora de etiquetas RFID Pasivas, marca: Zebra, modelo: R110Xi. Es un codificador que graba las etiquetas. Todos los circuitos que conforman la etiqueta, junto con la información que se almacenará en él, son impresos sobre un papel adhesivo de fácil instalación [7] (ver Figura N° 7).



Figura N° 7. Impresora Zebra, modelo: R110Xi

Tabla N°2. Especificaciones del host

PCI Slots (Total):	1
PCI Express X1 Slots (Total):	2
PCI Express X16 Slots (Total):	1
PCI Express X16 Slots (Total):	1
PS/2 Mouse Connectors:	1
USB Ports:	6
LAN Ports:	1
Audio Out Jacks:	2
Line In Jacks:	1
Microphone Jacks:	2
VGA Ports:	1
Processor Brand:	AMD
Processor Class:	Athlon X2
Processor Number:	Athlon X2
Processor Number:	5000B
Processor Speed:	2.60GHz
Processor Interface:	AM2
Memory Type:	DDR2
Memory Size:	1 x 1024MB
Total Memory:	1.0GB
Memory Speed:	DDR2 800 (PC2-6400)
Memory Slots (Total):	4
Memory Slots (Available):	3
Maximum Memory Supported:	4.0GB

Identificación Matricular

Como medida de seguridad, el sistema de identificación por radio frecuencia se ve complementado por un sistema de identificación matricular basado en el procesamiento de imágenes.

Las cámaras

Cámaras de alta definición serán una medida de seguridad para evitar la evasión de pagos.

El modelo de cámara escogido se muestra a continuación.

Cámara de video de alta definición, marca: TYSSA, modelo: FXCAM IBW_2000. Las cámaras de video digitales de alta velocidad son una medida de seguridad para evitar la evasión de pagos y garanti-

zar la correcta identificación de los vehículos. Estas capturan la imagen del vehículo y por medio de un software de procesamiento de imágenes identifica la placa del vehículo y transforma esta información a código ASCII [8] (ver Figura N° 8).



Figura N° 8. Cámara FXCAM IBW_2000

El alcance efectivo del equipo puede variar de 4 a 13 metros según las condiciones ambientales (luz de sol, niebla, lluvia) y de las características de las matrículas.

Las cámaras proporcionan una señal analógica y necesitan una interfaz (tarjeta capturadora de video) para la comunicación con el servidor.

Tarjeta para captura de video, marca: TYSSA, modelo: FXVD4. Es una tarjeta de alta calidad de 4 canales para captura de video, desarrollada especialmente para el sistema “Carmen ANPR” (reconocimiento automático del número de placa). Se basa en el chip de captura de video BT878 para proporcionar imágenes de alta calidad. Los servicios de este chip son soportados por módulos de hardware adicionales situados en la tarjeta, dándole gran alcance. Posee una interfaz PCI 2.1 [9] (ver Figura N° 9).

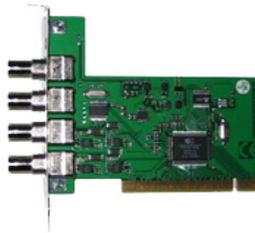


Figura N° 9. Tarjeta FXVD4 para captura de video formato PCI

Su función primaria es convertir la señal a video digital. La tarjeta ha sido desarrollada para manejar señales analógicas de video tanto en PAL como en NTSC, recibidas a través de los cuatro conectores BNC de entrada. Los tiempos de conmutación entre los canales de entrada de la tarjeta son de 30 milisegundos aproximadamente, lo cual permite construir sistemas secuenciales de alta velocidad que manejan las señales de cuatro canales video casi simultáneamente.

Interconexión entre los peajes

Servidores locales en cada peaje deberán estar conectados a una red junto con un servidor principal donde se encontrará almacenada toda la información de los usuarios. Los servidores locales registrarán todas las transacciones directamente en el servidor principal accediendo a él para tomar y actualizar la información tras sus operaciones.

La interconexión entre los servidores se hará a través de redes privadas ofrecidas por compañías de telecomunicaciones

Mediante enlaces de microondas los peajes Santa Rita, San Rafael, El Venado y la oficina principal (servidor principal) se conectarán con las celdas ETS Santa Rita, ETS Santa Cruz de Mara, ETS Corocito, ETS La Limpia, respectivamente, pertenecientes a la compañía Movistar.

Estudios de factibilidad fueron necesarios para la selección de las celdas con las cuales cada servidor estará conectado. Los resultados de los estudios de factibilidad realizados se muestran la Tabla N° 3.

Tabla N° 3. Coordenadas de peajes con sus respectivas celdas

	Coordenadas Peaje			Coordenadas Celda			Distancia Peaje- Celda
	Lat.	Long.	Elev.	Lat.	Long.	Elev.	
San Rafael	10,798472°	-71,711770°	34 m	10,960000°	-71,736667°	4 m	17,8 km
Santa Rita	10,578498°	-71,483683°	37 m	10,535556°	-71,512778°	8 m	5,9 km
El Venado	10,070335°	-70,964026°	65 m	10,116333°	-71,050104°	58 m	10,65 km
Oficina Principal	10.667106°	-71.634752°	41 m	10,682222°	-71,666111°	48 m	3,8 km

Adicionalmente, la ausencia de estructuras elevadas en las cercanías a los peajes brinda una línea visual despejada entre ellos y sus respectivas celdas.

El servidor local en cada peaje es conectado a un router y este a una unidad RF provista por la compañía de telecomunicaciones, este es el encargado de modular y demodular los datos en ondas de radio frecuencia para el transporte de la información, ésta interconexión se puede apreciar con mejor detalle en la Figura N° 10.

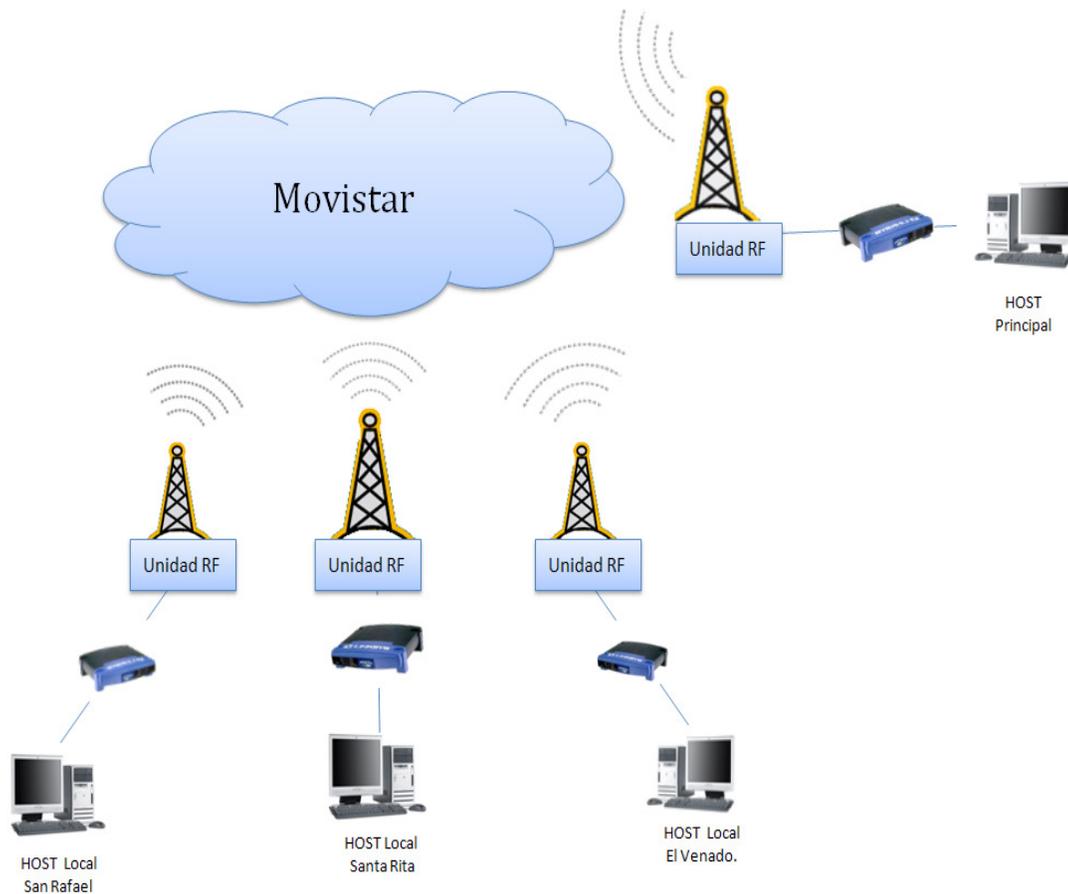


Figura N° 10. Interconexión entre servidor principal y servidores locales

El acceso en la red es unidireccional y limitado. Cada servidor local tendrá acceso al servidor principal, el cual contendrá toda la información de los usuarios del sistema junto con el crédito registrado en sus cuentas. (ver Figura N° 11).

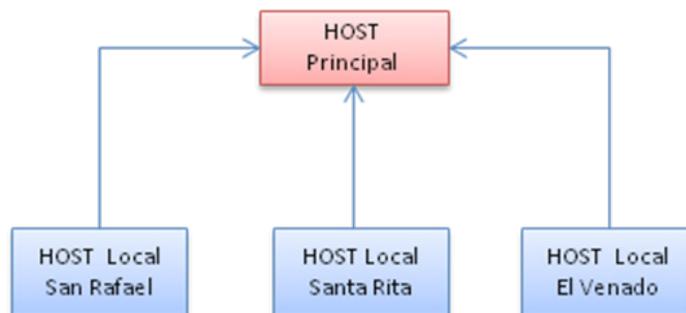


Figura N° 11. Acceso entre el Servidor y los servidores locales

Descripción General del Funcionamiento del Sistema

La etiqueta RFID es una unidad operada sin baterías, energizada inductivamente por una antena, este dispositivo es adherido a la parte interna del parabrisas detrás del retrovisor del automóvil, tienen un tamaño aproximado al de una tarjeta de crédito. Guardada en este dispositivo se encuentran 216 bytes de información básica acerca del usuario, como nombre del usuario, placa del vehículo, clase del vehículo, entre otras características.

Las etiquetas RFID se encuentran bajo el estándar EPC (Electronic Product Code) Generation-2 UHF de clase 1, descrito para etiquetas RFID simples, pasivas, de sólo lectura con una memoria no volátil programable una sola vez; con un protocolo de acceso simple (leídas de uno en uno), los datos en éstas proporcionan sólo una identificación del vehículo.

Una antena es posicionada en la parte superior de cada canal. Estas antenas emiten ondas de radio frecuencia dentro de la banda UHF para comunicarse con la etiqueta RFID, activarlo y así captar la información contenida en él. La zona de lectura de la antena tiene aproximadamente un rango entre 5 y 10 metros.

El transceptor envía periódicamente señales para captar alguna etiqueta RFID en su zona de cobertura, interpreta la información captada por la antena en datos digitales para ser enviados a un subsistema de procesamiento de datos (Servidor local) a través de su interfaz Ethernet. El transceptor tiene la capacidad de trabajar con 4 antenas simultáneamente.

Las cámaras de video de alta velocidad son una medida de seguridad para evitar la evasión de pagos y garantizar la correcta identificación del vehículo. Estas capturan la imagen del vehículo y por medio de un software de procesamiento de imágenes logra identificar la placa del vehículo de la imagen captada y transformar esta información a un formato ASCII.

El software de control de cada peaje tendrá la capacidad de:

- Comunicaciones con los puntos de cobro (sistemas en vía)
- Administración de las transacciones
- Reconocimiento automático de placas
- Procesamiento manual de imágenes para interpretación de las placas
- Relación placa – etiqueta
- Validación de situaciones dudosas
- Tarificación o valoración de las transacciones
- Administración de las tarifas
- Gestión de alarmas y telecomandos con los puntos de cobro

Conclusiones

La tecnología de identificación por radio frecuencias resulta una alternativa válida para aminorar las deficiencias que existen en la facturación en el peaje. Esta tecnología permite un proceso más rápido y eficiente al tiempo que permite registrar una mayor información sobre el vehículo y su propietario. Por otro lado, se tiene un mayor control de la facturación y se mejora la administración del cobro del peaje y se mejoran los niveles de servicio al cliente, toda vez que el vehículo no tiene que detener su marcha para realizar el pago.

La arquitectura del sistema propuesto consta de pocos elementos, lo que hace que sea un sistema rentable, de fácil instalación, operación y mantenimiento. Los equipos seleccionados son accesibles en el mercado y de fácil disponibilidad comercial.

Finalmente, un aspecto muy importante de esta investigación consiste en la posibilidad de interconectar el sistema de facturación del peaje con otros peajes y con un centro de control, de manera que la información registrada en cada peaje se pueda compartir con demás peajes y con el centro de control con lo cual se reducen los tiempos requeridos para acceder a la información, y se tiene un mayor control de la información y de los procesos que se llevan a cabo en cada peaje.

Bibliografía

1. <http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>
2. Phillips, T.; Karygiannis, T.; Kuhn, R.; *Security standards for the RFID market*, Security & Privacy Magazine, IEEE, Volume 3, Issue 6, Nov.- Dec. 2005 Paginas: 85 – 89.
3. RFID Essentials, Himanshu Bhatt, Bill Glover, O'Reilly, January 2006.
4. V. Daniel Hunt, Albert Puglia, Mike Puglia, *RFID A guide to radio frequency identification*. Ed. Wiley 2007.
5. http://www.gaorfid.com/index.php?main_page=product_info&products_id=663
6. <http://www.made-in-china.com/showroom/bluecardsoft/product-detailiqnmcyKYHApO/China-UHF-Long-Range-RFID-Reader-BU-900F-.html>
7. <http://www.zebra.com/id/zebra/na/en/index/products/printers/rfid/r110xi.html>
8. <http://www.ocrtech.com/other.htm>
9. <http://www.sistemasdesaje.com/capturadoras-de-video-anpr.html>